



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Patentschrift
⑯ DE 196 27 803 C 1

⑯ Int. Cl. 6:
B 23 K 26/00
B 23 K 28/02

DE 196 27 803 C 1

⑯ Aktenzeichen: 196 27 803.1-34
⑯ Anmeldetag: 11. 7. 96
⑯ Offenlegungstag: —
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 10. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

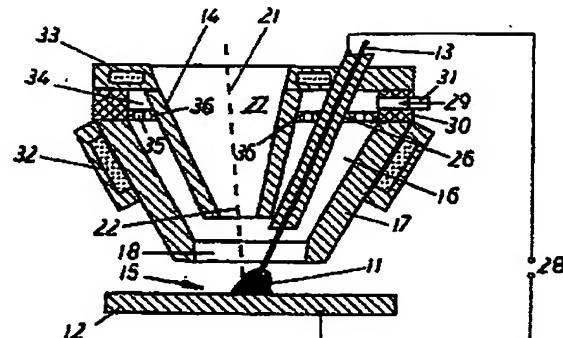
⑯ Vertreter:
Patentanwälte Dr. Sturles Eichler Füssel, 42289
Wuppertal

⑯ Erfinder:
Maler, Christof, Dipl.-Phys., 52070 Aachen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
Patents Abstracts of Japan, M-421, 1985,
Vol. 9/No. 258, JP 60-106688 A;

⑯ Düsenanordnung zum gleichzeitigen Schweißbearbeiten mit einem Laserstrahl und mit einem Lichtbogen

⑯ Düsenanordnung zum gleichzeitigen Schweißbearbeiten mit einem Laserstrahl (10) und mit einem Lichtbogen (11), mit einer den Lichtbogen (11) oberhalb eines Werkstücks (12) erzeugenden Schweißelektrode (13), mit einer den Laserstrahl (10) umhüllenden Düse (14), die von einer Düsenhülse (17) umgeben ist, welche mit der Düse (14) einen der Gaszuleitung dienenden Ringspalt (16) bildet und innerhalb derer die Schweißelektrode (13) angeordnet ist. Um zu erreichen, daß sie möglichst universell einsetzbar ist, wird sie so ausgebildet, daß die Düse (14) und die Düsenhülse (17) mit quer versetzten Achsen (18, 20) angeordnet sind, und daß die Schweißelektrode (13) und/oder ihre Elektrodenführung (28) zumindest zum Teil in dem durch die Achsversetzung entstandenen Bereich (56) des Ringspalts (16) angeordnet ist bzw. sind.



DE 196 27 803 C 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Düsenanordnung zum gleichzeitigen Schweißbearbeiten mit einem Laserstrahl und mit einem Lichtbogen, mit einer den Lichtbogen oberhalb eines Werkstücks erzeugenden Schweißelektrode, mit einer den Laserstrahl umhüllenden Düse, die eine Düsenkammer aufweist und von einer Düsenhülse umgeben ist, welche mit der Düsenkammer einen der Gaszuleitung dienenden Ringspalt bildet und innerhalb der die Schweißelektrode angeordnet ist.

Die Anwendung von Laserstrahl und Lichtbogen in einem gemeinsamen Schweißprozeß dient der Erhöhung der Schweißtiefe und/oder der Schweißgeschwindigkeit, um wirtschaftliches Schweißen zu erreichen. Die Laserstrahlung kann mit einem CO₂-Laser erzeugt werden, aber auch mit anderen Lasern, wie Nd : YAG-Lasern. Die Erzeugung des Lichtbogens erfolgt mit einer Elektrode, wie beim WIG-, MSG- oder Plasmastrahl-Schweißverfahren.

Eine Düsenanordnung mit den eingangs genannten Merkmalen ist aus der JP-A-60-106688 bekannt. Mehrere Elektrodenstabe sind in einen konusförmigen Isolator eingebaut, welcher die Düse für den Laserstrahl ist. Diese Düse steht werkstückseitig durch die Hülsenmündung vor. Der zwischen der Düsen spitze bzw. den die Düsen spitze bildenden Elektroden brennende ringförmige Lichtbogen beansprucht den Isolator erheblich, so daß die Haltbarkeit der bekannten Düsenanordnung als verbesserungswürdig erscheint. Ihr Einsatzbereich ist begrenzt. Demgegenüber liegt der Erfahrung die Aufgabe zugrunde, eine Düsenanordnung mit den eingangs genannten Merkmalen so zu verbessern, daß sie möglichst universell einsetzbar ausgebildet ist.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Düsenkammer und die Düsenhülse mit quer versetzten Achsen angeordnet sind, und daß die Schweißelektrode und/oder ihre Elektrodenführung zumindest zum Teil in dem durch die Achsversetzung entstandenen Bereich angeordnet ist bzw. sind.

Für die Erfahrung ist von Bedeutung, daß die Elektrode von der Düse getrennt ausgebildet und in der beschriebenen besonderen Weise angeordnet ist. Infolgedessen stört die Elektrode nicht die Ausbildung der Düse, die in herkömmlicher Weise als bewährtes Metallteil hergestellt werden kann. Der durch die Achsversetzung von Düse und Düsenhülse entstandene Bereich des Ringspals ermöglicht die Aufnahme der Schweißelektrode und zugleich eine im übrigen schlanke bzw. dünnwandige Ausbildung der Düsenanordnung, was für den Einsatz der Düsenanordnung bei komplizierten Werkstückgeometrien von Vorteil ist. Auch wird vermieden, daß die Elektrode außerhalb der Düsenanordnung angeordnet werden müßte, wo zwar die Positionierung den jeweiligen Anforderungen entsprechend möglich ist, aber mit der Einschränkung, daß die Elektrode kaum noch einen gentigend spitzen Winkel mit der Vertikalen bzw. mit der Laserstrahlachse bilden kann. Derartige kleine Winkel zwischen der Laserstrahlachse und der Elektrode sind von Bedeutung, um an der Bearbeitungsstelle in einfacher Weise zu beherrschende Vorgänge beim Schmelzen bzw. beim Verschmelzen des Werkstücks zu erreichen. Eine zu schräg stehende Elektrode hätte unerwünschte Schmelzbadbewegungen zur Folge und würde ggf. dazu führen, daß störende Nebenluft in den Bereich der von dem Gas bespülten Bearbeitungsstelle gesaugt würde. Ferner kann die Düsenanordnung in weiter von der Bearbeitungsstelle gelegenen Bereichen so ausgebildet werden, wie es für das Bearbeiten mit hoher Leistung notwendig ist. Die Gaszuleitung kann mit den erforderlichen Querschnitten ausgebildet werden und die gewünschte Form haben, wie sie notwendig ist, um Strömungsverluste gering zu halten. Es können mit Abstand zum Werkstück die Optik z. B. gegen Schweißspritzen schützende Einrichtungen verwendet werden und die Düse kann mit den erforderlichen Kühlungseinrichtungen ausgebildet werden. Letztlich ist hervorzuheben, daß der der Gaszuleitung dienende Ringspalt trotz der Anordnung der Schweißelektrode im Ringspalt ringsum ununterbrochen über seine gesamte Länge durchgeführt werden kann, so daß die Schweißelektrode bzw. ihre Elektrodenführung die gewünschte Gasströmung nicht beeinträchtigt.

Es ist vorteilhaft, die Düsenanordnung so auszubilden, daß die Düsenkammerachse in der Mittelebene durch die Elektrode auf der elektrodenabgewandten Seite der Hülsenachse angeordnet ist. Auf diese Weise wird zwischen der Düse und der Düsenhülse besonders viel Platz für die Elektrode bzw. für die Elektrode führende Bauteile geschaffen. Es wird aber auch erreicht, daß der dem Lichtbogen zur Verfügung stehende Raum zur Düsenkammerachse verlagert wird, so daß die Wärmelastung der die Hülsenmündung bildenden Düsenhüllsenbereiche verringert wird. Die Hülsenmündung kann entsprechend klein gehalten werden, was auch im Sinne einer Vermeidung von Gasverlusten bzw. im Sinne einer strömungsmäßig günstigen Gestaltung des Übergangs der Gasströmung aus der Gaszuleitung in die Hülsenmündung zur Bearbeitungsstelle ist.

Die Düsenanordnung kann so ausgebildet werden, daß die Düsenkammerachse achsparallel zur Hülsenachse angeordnet ist. Es ergeben sich fertigungstechnische Vorteile, beispielsweise wenn Kegelflächen durch Drehen gefertigt werden sollen.

Um den Laserstrahl mit dem Lichtbogen im Bearbeitungsbereich in geeigneter Weise zusammenführen zu können, kann die Düsenanordnung so ausgebildet werden, daß die Laserstrahlachse mit der Düsenkammerachse in der Mittelebene durch die Elektrode einen spitzen Winkel bildet. Insbesondere können zu starke Neigungen der Elektrode vermieden werden. Die durch starke Neigungen der Elektrode begünstigten negativen Wirkungen schräg stehender Lichtbögen werden verringert.

Bei gegen die Düsenkammerachse geneigter Laserstrahlachse ist es vorteilhaft, die Düsenanordnung so auszubilden, daß sich die Laserstrahlachse und die Düsenkammerachse im Bereich der Düsenmündung schneiden. Unter dieser Bedingung können der Öffnungsquerschnitt der Düsenkammer und deren Volumen im übrigen so klein wie möglich gehalten werden.

Wird ein Laserstrahl eingesetzt, dessen Fokussierung einen punktförmigen Strahlfleck ergibt, so ist der Außenumfang der Laserstrahlung meist kegelförmig. Es ist daher bekannt, die Düsenkammer entsprechend kegelförmig auszubilden. Hierdurch ergibt sich das kleinstmögliche Volumen der Düsenkammer, welches dadurch bestimmt ist, daß der Abstand der Düseninnenwand zur Laserstrahlachse das 1,5-fache des Strahlradius

nicht unterschreiten darf. Um die Düsenkammer auch bei schräg stehender Laserstrahlachse zu optimieren, wird sie daher so ausgebildet, daß die Düse innen einen Strahldurchgangskegel als Düsenkammer hat und die Düsenkammerachse mit der im spitzen Winkel angeordneten Laserstrahlachse zusammenfällt. Es ergeben sich geringstmögliche radiale Abmessungen, die sich vorteilhaft im Sinne einer einfachen Handhabung der Düsenanordnung bei komplizierten Werkstückgeometrien auswirken. Darüber hinaus können die Gaszuleitungsquerschnitte verringert werden, was sich im Sinne einer Verringerung des Gasverbrauchs ausnutzen läßt.

Die Düsenanordnung kann so ausgebildet werden, daß die Laserstrahlachse vertikal positioniert und die Düsenkammerachse entgegen der relativen Vorschubrichtung geneigt angeordnet ist. Infolgedessen wird die Elektrode mehr stehend geführt und das Gas strömt in der relativen Vorschubrichtung ab, so daß Strömungseinflüsse auf die Schmelze vermieden werden. Andererseits braucht die Neigung nicht so groß zu sein, daß unerwünschte Saugeffekte durch die schräge Gasströmung entstehen. Vorteile ergeben sich insbesondere beim Schweißen von Aluminium.

Es ist durchaus möglich, die Elektrode zwischen der Düsenhülse und der Düse mit jeweiligem Abstand anzurichten. Eine bauliche Vereinfachung ergibt sich jedoch, wenn die Düsenanordnung so ausgebildet wird, daß die Elektrode mit ihrer Führung parallel am Außenumfang der Düse angeordnet ist, die von der Düsenhülse elektrisch isoliert ist. Diese bauliche Vereinfachung führt zu verringerten radialen Abmessungen mit den vorbeschriebenen Vorteilen. Außerdem wird die Gasverwirbelung reduziert.

Die Düsenanordnung kann so ausgebildet werden, daß die Düse eine Elektrodenführungshöhrung oder eine Anschlußbohrung für eine Elektrodenführung aufweist. Eine Elektrodenführungsbohrung ist konstruktiv besonders einfach und genügt insbesondere, wenn eine nicht abschmelzende Schweißelektrode verwendet wird, oder wenn ein Schweißdraht nachzuführen ist. Die Anschlußbohrung für eine Elektrodenführung wird insbesondere eingesetzt, wenn in der Schweißtechnik übliche Einrichtungen angewendet werden sollen, wobei dann die Anschlußbohrung jeweils auf die vorgegebene Verbindungstechnik abzustimmen ist.

Die Düsenanordnung kann so ausgebildet werden, daß die Düse in Strahlungsrichtung vor der Hülsenmündung endet, und die Elektrodenführung unterhalb der Düsenmündung und oberhalb der Hülsenmündung endet. Die Elektrodenführung endet also in einem Raum zwischen der Düsenmündung und der Hülsenmündung, in den der Ringspalt mündet. Hierdurch ergibt sich ein entsprechender Schutz der Elektrodenführung. Diese ist vollständig vom zugeleiteten Gas umspült. Mechanisches Anstoßen an die Elektrodenführung ist ausgeschlossen. Des Weiteren ist von Bedeutung, daß die Elektrode im Projektionsumfang der Hülsenmündung der Düsenhülse endet. Hierdurch wird nicht nur eine einfache konstruktive Ausgestaltung der Düsenhülse erreicht, wie sie bei einer Düsenanordnung mit Düse und Düsenhülse bekannt und bewährt ist, sondern es können insbesondere dünne Elektroden, nämlich drahtförmige Elektroden dicht an die Bearbeitungsstelle gebracht werden. Die Ausmaße des Lichtbogens bleiben dabei klein bzw. durch große Lichtbogenausmaße bedingte Störungen der Schweißbearbeitung werden vermieden.

Eine weitere Ausgestaltung der Düsenanordnung zeichnet sich dadurch aus, daß die Düse außen, unter Einschluß ihres für die Elektrode notwendigen Querschnitts, als kreisrunder oder zumindest in Werkstücknähe elliptischer Kegelstumpf ausgebildet ist, der mit der Düsenhülse den Ringspalt bildet. Der kreisrunde Außenquerschnitt der Düse vereinfacht deren Herstellung. Sie erleichtert auch den Einsatz und die Berechnung der Gaszuleitung, weil diese als kreisrunder Ringspalt ausgebildet werden kann. Letzteres gilt auch für die Ausbildung des Düsenaußenumfangs als elliptischer Kegelstumpf. Vorteilhaft ist, daß die radiale Erstreckung der Düsenanordnung nur dort vergrößert wird, wo ein Platzbedarf besteht, um die Elektrode und bedarfswise die Gaszuleitung unterzubringen. Im übrigen kann der Querschnitt minimiert werden, um dadurch die Zugänglichkeit zum Werkstück zu verbessern und den Querschnitt der Düsenöffnung zu verringern. Das gilt auch, wenn die elliptische Ausgestaltung des Kegelstumpfs nur in unmittelbarer Nähe des Werkstücks erfolgt und die elliptische Geometrie der Hülsenöffnung zunehmend in den rotationssymmetrischen Querschnitt der vom Werkstück weiter entfernten Bereiche der Düsenanordnung übergeht.

Die Düsenanordnung ist nicht auf den Einsatz einer einzigen Elektrode beschränkt. Sie kann vielmehr so ausgebildet werden, daß mindestens eine weitere Elektrode und/oder ein Kaltdraht vorhanden sind. Durch den Einsatz einer weiteren Elektrode und damit durch den Einsatz eines weiteren Lichtbogens kann die Energieeinkopplung an der Bearbeitungsstelle verbessert werden. Die weitere Elektrode kann in ähnlicher Weise angeordnet werden, wie die erste Elektrode, also insbesondere in der von dieser ersten Elektrode und der Düsenkammerachse gebildeten Mittelebene. Die Elektrode kann aber auch in konstruktiv anderer Weise angeordnet werden, insbesondere auch zum von der Bearbeitungsstelle entfernten Einsatz. Die Elektrode kann auch an eine weitere Stromquelle angeschlossen werden. Der Einsatz von Kaltdraht, also der Einsatz eines potentialfreien Drahtes, empfiehlt sich, wenn bei zwei zu verschweißenden Werkstücken der Fügespalt zu groß ist, wenn Schweißnahtformung betrieben werden soll, wenn die Durchschmelzgefahr zu groß ist od. dgl.

Die Düsenanordnung kann unabhängig von der Laserstrahlquelle eingesetzt werden. Es kann jedoch auch sinnvoll sein, die Düsenanordnung so auszubilden, daß sie mit einer Bearbeitungsoptik und mit einer optikabschirmenden Querluftströmungsquelle zusammengebaut ist. Hierbei kann eine Handhabungseinheit erreicht werden, die besonders kleine Außenabmessungen aufweist und funktionell optimiert ist.

Eine weitere Ausbildung der Düsenanordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Düse Gaszuleitungsmittel zu der von dem Strahldurchgangskegel gebildeten Düsenkammer aufweist. Das in die Düsenkammer eingeleitete Gas verhindert ein verstärktes Absaugen von Gas aus dem Bereich zwischen der Düsenmündung und der Hülsenmündung. Das ist besonders dann notwendig, wenn eine optikabschirmende Querluftströmung angewendet wird, mit der in der Düsenkammer Verwirbelungen erzeugt werden. Das in die Düsenkammer eingeleitete Gas kann sich von dem dem Werkstück zugeleiteten Gas unterscheiden.

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigt:
Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Düsenanordnung gemäß der Erfindung mit allen funktionell

bedeutsamen Bauteilen im Längsschnitt,

Fig. 2 einen der Fig. 1 entsprechenden Schnitt durch den werkstücknahen Bereich der Düsenanordnung in vergrößerter Darstellung zur Erläuterung mehrerer Düsenparameter,

Fig. 3 eine gegenüber der Fig. 2 weiter vergrößerte Darstellung des werkstücknahen Bereichs der Düsenanordnung,

Fig. 4, 5 unterschiedliche Ausgestaltungen der die Laserstrahlung unmittelbar umgebenden Düse,

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer praxisnahen Düsenanordnung im Längsschnitt,

Fig. 7 die Düsenanordnung der Fig. 6 in einer Explosionsdarstellung,

Fig. 8 eine Aufsicht auf die wesentlichen Umrislinien der Düsenhülse oben und der Düse unten der Düsenanordnung der Fig. 6 in Richtung der Laserstrahlung,

Fig. 9 eine der Fig. 8 entsprechende Darstellung bei elliptischer Ausbildung der Düsenanordnung, und

Fig. 10 eine den oberen Darstellungen der Fig. 8, 9 entsprechende Darstellung bei elliptischer Ausbildung der Düsenhülse lediglich im werkstücknahen Bereich.

In Fig. 1 sind die Grundelemente der Düsenanordnung skizziert. Es ist eine schief kegelstumpfförmige hohle Düse 14 vorhanden, die einen in Fig. 6 schematisch dargestellten Laserstrahl 10 umgibt. In Fig. 1 ist lediglich die Laserstrahlachse 21 eingezeichnet, die mit der Düsenkammerachse 19 zusammenfällt. Die Düse 14 wird von einer Düsenhülse 17 mit Abstand umgeben, so daß ein Ringspalt 16 entsteht. Die Düsenhülse 17 ist ebenfalls kegelstumpfförmig und hat eine Hülsenmündung 18, die mit Abstand von einer Bearbeitungsstelle 15 eines Werkstücks 12 angeordnet ist. Eine in Fig. 1 schematisch dargestellte, in den Fig. 6, 7 detaillierter dargestellte Elektrodenführung 26 dient der Halterung und Führung einer Elektrode 13 und ist an eine Stromquelle 28 angeschlossen, die außerdem mit dem Werkstück 12 in stromleitender Verbindung steht. Die elektrische Potential aufweisende Elektrodenhalterung 26 ist zumindest gegen die Düsenhülse 17 elektrisch isoliert. Die elektrische Isolation 30 ist schematisch angedeutet. Infolge des elektrisch leitenden Kontakts der Elektrodenführung 26 mit der Elektrode 13 vermag zwischen dieser und dem Werkstück 12 ein Lichtbogen 11 gezündet werden, der dort im Bereich der Bearbeitungsstelle 15 fußt, wo der Laserstrahl 10 durch Aufschmelzung und Verdampfung in bekannter Weise eine Dampfkapillare und eine aus Metaldampf bestehende Plasmawolke erzeugt hat.

Der Bearbeitungsstelle 15 wird durch einen Gasanschluß 31 und durch den Ringspalt 16 ein Arbeitsgas 29 zugeleitet, beispielsweise ein Inertgas, welches die Bearbeitungsstelle 15 gegen seitlichen Luftzutritt abschirmt. Da die Bauteile der Düsenanordnung thermisch hoch belastet sind, ist für die Düse 14 und für die Düsenhülse 17 jeweils eine Kühlanordnung 32, 33 vorgesehen. Die Kühlung erfolgt beispielsweise mit Kühlwasser. Das Arbeitsgas 29 gelangt zunächst in einen Stauraum 34 und aus diesem durch einen vergleichsweise kleinen Querschnitt 34' in den Ringspalt 16. Die Verengung 35 des Strömungsquerschnitts läßt in Abweichung von der Darstellung in Fig. 1 ausgestalten. Beispielsweise durch konstruktive Vereinigung der in Fig. 1 dargestellten Abstandhalter 36 mit der Isolation 30, so daß die Elektrodenführung 26 in Bezug auf die Düse 14 isoliert werden kann.

Unterhalb der Düsenmündung 22 der Düse 14 und oberhalb der Hülsenmündung 18 der Hülse 17 ist ein Düsenraum 35 gebildet, in den der Ringspalt 16 mündet. Da die Düsenhülse 17 ebenso kegelstumpfförmig ist, wie die Düse 14, haben beide dieselbe Konizität α und bilden infolgedessen den Ringspalt 16 konzentrisch aus. Der Düsenraum 35 läßt sich durch verrundete Übergänge 35' so ausbilden, daß sich gewünschte Strömungsverhältnisse einstellen.

Unterhalb der Düse 14 ist der Konizitätswinkel der Düsenhülse 17 größer und sie verengt sich bis auf einen Durchmesser D der Hülsenmündung 18. Die Übergänge im Bereich der Düsenhülse sollen möglichst kontinuierlich erfolgen. Die kontinuierlichen Übergänge der Düsenhülse vermeiden scharfe Kanten, die Verwirbelungen des Gasstroms vermeiden, welche unterhalb der Düsenanordnung zum Einwirbeln von Arbeitsatmosphäre in den Gasstrom führen könnten. Die Gasströmungsverluste bleiben gering. Fig. 3 zeigt solche kontinuierlichen Übergänge.

Die Strömungsgeschwindigkeit des aus der Düsenhülse 17 austretenden Gases soll innerhalb und außerhalb der Düsenanordnung unter der Schallgeschwindigkeit liegen. Typische Volumenströme sind zehn bis vierzig l/min, wobei auch höhere Volumenströme ohne Erreichen der Schallgeschwindigkeit möglich sind.

Im Bereich des Düsenraums 25 muß die Düsenanordnung so ausgebildet werden, daß der Ringspalt am unteren Ende der Düse, also auf Höhe der Düsenmündung 22, größer oder gleich als der Querschnitt der Hülsenmündung 18 ist. Für die Spaltweite ergibt sich folgende rechnerische Beziehung:

$$S = -\frac{d}{2 \cos \alpha} + \sqrt{\left(\frac{d}{2 \cos \alpha}\right)^2 + \frac{D^2 \xi}{4 \cos \alpha}}$$

d ist der Außendurchmesser am unteren Ende der Düse 14 und ξ ist das Verhältnis des Querschnitts des Ringspalts 16 am Ende der Düse 14 zum Querschnitt der Hülsenmündung 18. Dieses Verhältnis muß größer oder gleich 1 sein, damit keine Luft von außen in die Düsenkammer 27 einströmt. Durch eine entsprechende Bemessung wird erreicht, daß Arbeitsgas durch die Düsenmündung 22 in die Düsenkammer 27 strömt. Wäre ξ kleiner als 1 würde Nebenluft in umgekehrter Richtung strömen und das Gas 29 verunreinigen.

Die Ausbildung der Düsenanordnung wird wesentlich durch die Anordnung der Elektrode 13 bzw. ihrer Elektrodenführung 26 beeinflußt. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß die Elektrodenführung 26 einen erheblichen Raum zwischen der Düse 14 und der Düsenhülse 17 einnimmt. Damit unter diesen Umständen eine geeignete Zusammenführung der Laserstrahlung 10 und des Lichtbogens 11 an der Bearbeitungsstelle 15 erleichtert wird,

ist die Laserstrahlachse 21 etwas schräg gestellt und auf der elektrodenabgewendeten Seite der nicht dargestellten Hülsenachse 20 der Düsenhülse 17 angeordnet. Das wird in Fig. 4 etwas deutlicher veranschaulicht, in der die Elektrodenführung 26 mit der Hülse 14 einstückig ausgebildet ist und mit der Düse 14 einen gemeinsamen Außenkegel bildet. Die Hülsenachse 20 ist bei konzentrischer Anordnung der Düsenhülse 17 mit dieser Düse 14 identisch mit der Achse des Außenkegels der Düse 14. In Bezug auf die Hülsenachse 20 ist die Laserstrahlachse 21 in der Mittelebene durch die Elektrode 13, also in der Darstellungsebene, nach links versetzt.

Die Düsenkammer 27 der Düse 14 ist schief kegelstumpfförmig ausgebildet. Sie ist der geneigt einfallenden Laserstrahlung angepaßt, deren Außenumfang kegelförmig ist. Infolgedessen ergibt sich eine Minimierung des Volumens der Düsenkammer 27. Die Neigung der Laserstrahlachse 21 um einen Winkel β bewirkt, daß die Elektrode 13 steiler angestellt werden kann, als es bei vertikaler Laserstrahlachse 21 möglich wäre. Infolgedessen wird die Hülsenspitze nicht so heiß, so daß sie nicht so schnell verschleißt. Die Schrägstellung der Laserstrahlachse 21 hat bei geringen Winkeln β keinen entscheidenden Einfluß auf das Tiefschweißen.

Das Volumen der kegelstumpfförmigen Düsenkammer 27 wird zweckmäßigerweise so klein wie möglich gehalten. Hierzu muß die Düsenmündung möglichst klein gehalten werden. Deren Querschnitt ist bei geneigter Laserstrahlachse 21 dann am geringsten, wenn sich die Laserstrahlachse 21 und die Düsenkammerachse 19 im Bereich der Düsenmündung 22 schneiden, was in den Fig. 2, 6 dargestellt wurde.

Eine Neigung der Düsenkammerachse 19 hat den Nachteil, daß der Strahldurchgangskegel 23, also die Innenwand der Düse 14, schief kegelstumpfförmig hergestellt werden muß. Um einen entsprechenden Herstellungsauwand zu vermeiden, ist es vorteilhafter, die Düsenkammerachse 19 achsparallel zur Hülsenachse 20 anzutun. Das ist in den Fig. 2, 5 und 6 dargestellt. Bei dieser Ausbildung ergeben sich fertigungstechnische Vorteile. Gleichwohl kann die Laserstrahlachse 21 geneigt angeordnet werden, wie die Fig. 2, 6 zeigen.

In den Fig. 2 bis 5 ist eine schematische Elektrodenführung 26 dargestellt, die mit der Düse 14 einstückig ist. Die Elektrode 13 ist als Draht ausgebildet und es genügt eine einfache Elektrodenführungsbohrung 24, um die Elektrode 13 in den gewünschten Bereich der Bearbeitungsstelle 15 zu bringen. Die Ausführung der Elektrodenführung 26 ist jedoch auch beispielsweise gemäß Fig. 6, 7 möglich. Die Düse 14 ist mit einer Anschlußbohrung 25 für die Elektrodenführung 26 versehen. Die Elektrodenführung 26 ist als Rohr ausgebildet, in dessen unteres Ende ein Düsenstück 37 eingeschraubt ist, das starkem Verschleiß unterworfen und deshalb austauschbar ist. Die Elektrodenführung 26 wird mit einem Schweißbrenner zusammengebaut oder an ein standardmäßiges Schlauchpaket angeschlossen.

Um die Düse 14 gegen die Düsenhülse 17 zu isolieren, ist ein Isolierring 38 vorhanden, der die Spaltweite des Ringspalts 16 zwischen der Düse 14 und der Düsenhülse 17 bestimmt. Außerdem ist ein Isolierring 39 zwischen einem Flansch 40 der Düse 14 und einem Auflagefloss 41 der Düsenhülse 17 vorhanden. Unterhalb des Auflageflosses 41 ist eine Kühlungsanordnung 32 für die Düsenhülse 17 mit Kühlkanal 42 und beidseitigen Ringdichtungen 43 vorgesehen. Zwischen den Ringen 38, 39 ist ein Stauraum 34 als Verteilerkammer für Arbeitsgas 29. Der Gaseinlaß und die Gasdurchlaßöffnung vom Stauraum 34 zum Ringspalt 16 sind in Fig. 6, 7 nicht dargestellt. Fig. 8 zeigt Bohrungen 55, von denen die rechte der vorerwähnte Gaseinlaß zum Stauraum 34 ist. Die linke Bohrung 55 zeigt eine Gaszuleitung zu den Bohrungen 45 der Fig. 5. Die Düse 14 wird ebenfalls wassergekühlt, was nicht dargestellt wurde.

Die Düsenanordnung der Fig. 6, 7 ist dazu vorgesehen, in einen konventionellen Schweißbrenner eingeschraubt zu werden. Durch Verschiebung des Schweißbrenners kann die Düsenanordnung frei unter einer Bearbeitungsoptik 46 angeordnet werden. Es ist aber auch möglich, die Düsenanordnung konstruktiv mit einem die Bearbeitungsoptik aufweisenden Bearbeitungskopf zusammenzubauen. Insbesondere dann ist es vorteilhaft, sie mit einer optikabschirmenden Querluftströmungsquelle zusammenzubauen. Diese Strömungsquelle erzeugt einen sogenannten Crossjet, also einen Querluftstrom 47, der die Bearbeitungsoptik 46 wirkungsvoll gegen Schweißspritzer u. dgl. Verunreinigungen schützt. Ein Crossjet kann auch bei freier Anordnung von Düsenanordnung und Bearbeitungsoptik eingesetzt werden.

In Fig. 5 ist dargestellt, daß die Düse 14 Gaszuleitungsmittel hat, welche entsprechend den angegebenen Pfeilen Gas in die Düsenkammer 27 zu leiten erlaubt. Als Gaszuleitungsmittel sind Bohrungen 45 und Querbohrungen 49 dargestellt. Das Gas ist beispielsweise Arbeitsgas, wie es auch der Bearbeitungskopf 15 zugeleitet werden kann. Das in die Düsenkammer 27 eingeleitete Gas kann jedoch auch ein anderes Gas sein, als Arbeitsgas. Das in die Düsenkammer 27 eingeleitete Gas verhindert, daß verstärkt Arbeitsgas aus dem Düsenraum 35 abgesaugt wird. Beispielsweise unter Einwirkung der Querluftströmung 47.

Fig. 8 zeigt in Richtung A der Fig. 6 Ansichten der Düsenhülse 17 oben und der Düse 14 unten. Es ist ersichtlich, daß die Düsenhülse 17 komplett rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Sie wird mit nicht dargestellten Befestigungsschrauben mit der Düse 14 zusammengebaut, welche deren Durchgriffslöcher 53 durchsetzen und in Gewindelöcher 54 der Düsenhülse 17 eingeschraubt werden.

Die Düsenmündung 22 ist in Bezug auf die Flanschmitte 41 des Befestigungsflansches 41 um das Maß a versetzt. Das Maß a entspricht dem Abstand zwischen der Düsenkammerachse 19 und der Hülsenachse 20. Durch die Versetzung wird eine Mittelebene 52 aufgespannt, die der Darstellungsebene in Fig. 6 entspricht. In dieser Mittelebene 52 ist die Anschlußbohrung 25 angeordnet und beidseitig von ihr ist jeweils eine Bohrung 55 zur Gaszuleitung vorgesehen. Infolge der Querversetzung der Achsen 19, 20 um das Maß a entsteht auch beidseitig der Mittelebene 52 ein Bereich 56, der als Montageraum genutzt werden kann. Beispielsweise können zwei Elektroden untergebracht werden, jeweils eine auf einer Seite der Mittelebene 52.

Fig. 8 zeigt, daß die radiale Erstreckung der Düsenanordnung quer zur Mittelebene 52 infolge der rotationsymmetrischen Ausbildung vergleichsweise groß ist. Fig. 9 zeigt eine elliptische Ausgestaltung von Düse 14 und Düsenhülse 17, die diesen Nachteil nicht aufweisen. In Ergänzung zeigt Fig. 10, daß die rotationssymmetrische Ausbildung der Düsenhülse 17 bis auf den werkstücknahen Bereich belassen wird. Lediglich die Hüsenmündung 18 ist elliptisch und der Übergangsbereich 50 geht in den kreisförmigen Bereich 51 der Düsenhülse 17 über.

Patentansprüche

1. Düsenanordnung zum gleichzeitigen Schweißbearbeiten mit einem Laserstrahl (10) und mit einem Lichtbogen (11), mit einer den Lichtbogen (11) oberhalb eines Werkstücks (12) erzeugenden Schweißelektrode (13), mit einer den Laserstrahl (10) umhüllenden Düse (14), die eine Düsenkammer (27) aufweist und von einer Düsenhülse (17) umgeben ist, welche mit der Düse (14) einen der Gaszuleitung dienenden Ringspalt (16) bildet und innerhalb der die Schweißelektrode (13) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenkammer (27) und die Düsenhülse (17) mit quer versetzten Achsen (19, 20) angeordnet sind, und daß die Schweißelektrode (13) und/oder ihre Elektrodenführung (26) zumindest zum Teil in dem durch die Achsversetzung entstandenen Bereich (56) angeordnet ist bzw. sind.

2. Düsenanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenkammerachse (19) in der Mittelebene (52) durch die Elektrode (13) auf der elektrodenabgewandten Seite der Hülsenachse (20) angeordnet ist.

3. Düsenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Düsenkammerachse (19) achsparallel zur Hülsenachse (20) angeordnet ist.

4. Düsenanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlachse (21) mit der Düsenkammerachse (19) in der Mittelebene (52) durch die Elektrode (13) einen spitzen Winkel (6) bildet.

5. Düsenanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Laserstrahlachse (21) und die Düsenkammerachse (19) im Bereich der Düsenmündung (22) schneiden.

6. Düsenanordnung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (14) innen einen Strahldurchgangskegel (23) als Düsenkammer (27) hat und die Düsenkammerachse (19) mit der im spitzen Winkel (6) angeordneten Laserstrahlachse (21) zusammenfällt.

7. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlachse (21) vertikal positioniert und die Düsenkammerachse (19) entgegen der relativen Vorschubrichtung geneigt angeordnet ist.

8. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode (13) mit ihrer Führung (26) parallel am Außenumfang der Düse (14) angeordnet ist.

9. Düsenanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (14) eine Elektrodenführungsbohrung (24) oder eine Anschlußbohrung (25) für eine Elektrodenführung (26) aufweist.

10. Düsenanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (14) in Strahlungsrichtung vor der Hüsenmündung (18) endet, und die Elektrodenführung (26) unterhalb der Düsenmündung (22) und oberhalb der Hüsenmündung (18) endet.

11. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (14) außen, unter Einschluß ihres für die Elektrode (13) notwendigen Querschnitts, als kreisrunder oder zumindest in Werkstücknähe elliptischer Kegelstumpf ausgebildet ist, der mit der Düsenhülse (17) den Ringspalt (16) bildet.

12. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine weitere Elektrode und/oder ein Kaltdraht vorhanden sind.

13. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einer Bearbeitungsoptik und mit einer optikabschirmenden Querluftströmungsquelle zusammengebaut ist.

14. Düsenanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Düse (14) Gaszuleitungsmittel zu der von dem Strahldurchgangskegel (23) gebildeten Düsenkammer (27) aufweist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

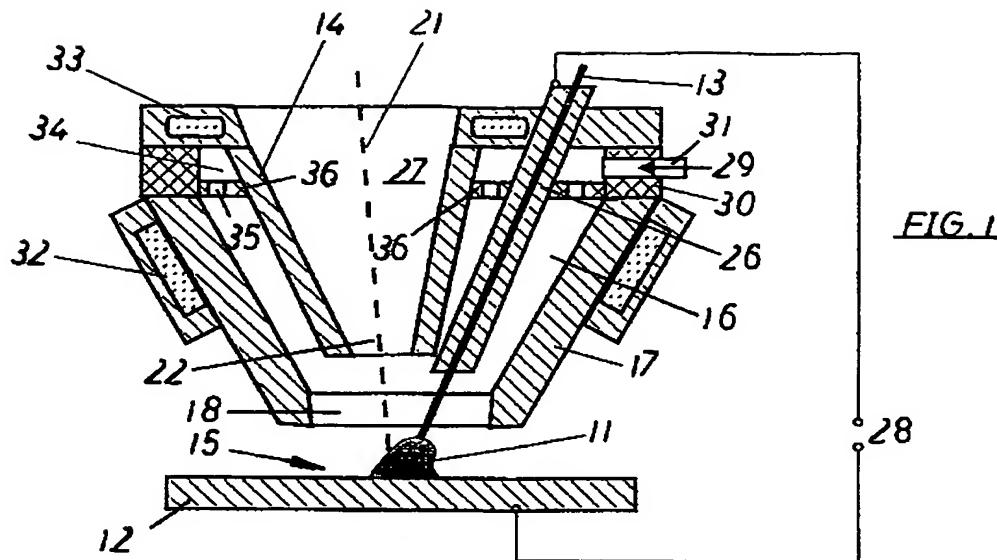


FIG. 1

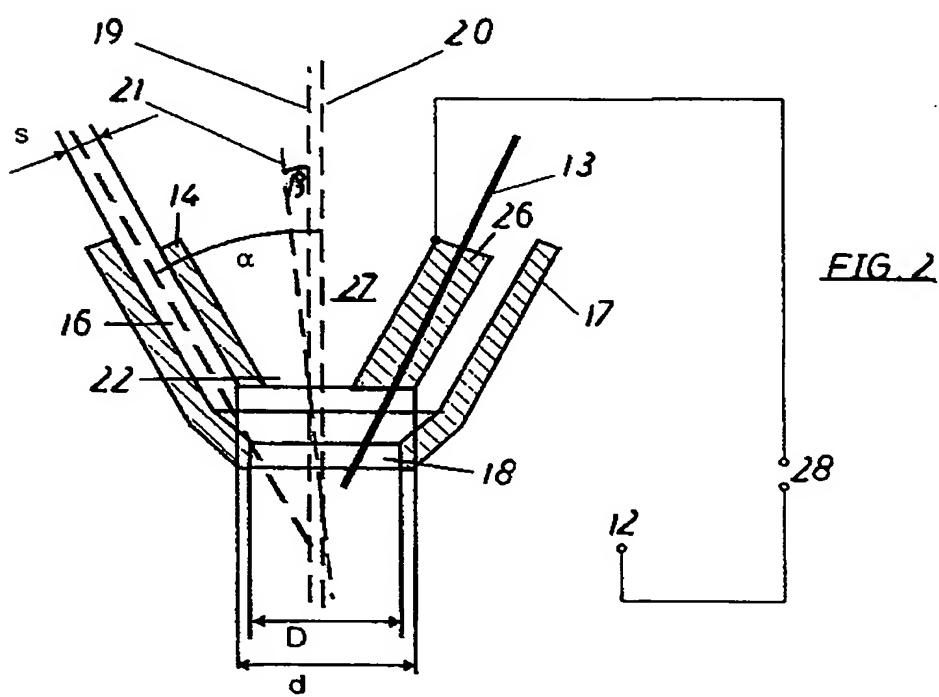


FIG. 2

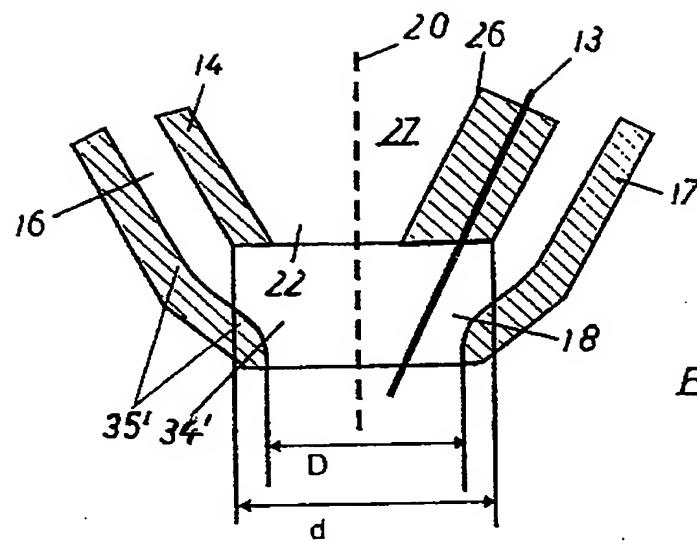


FIG. 3

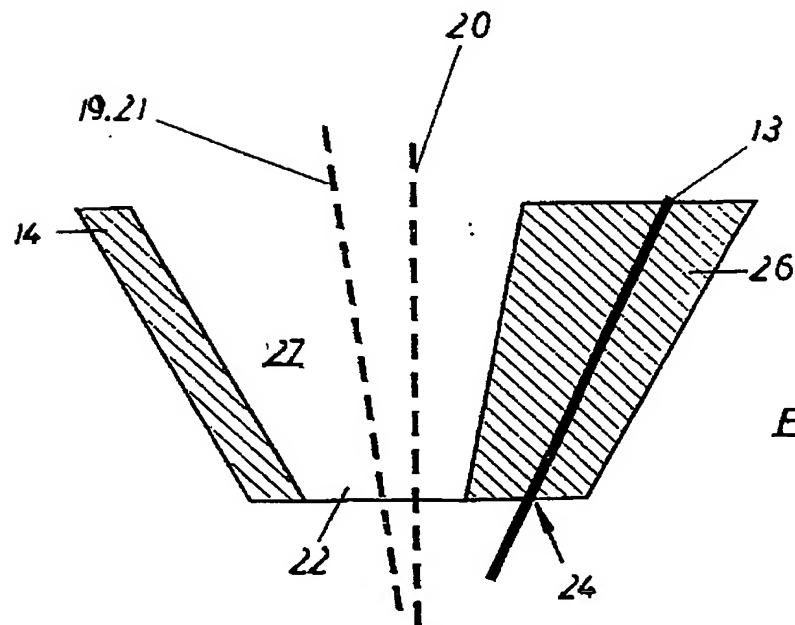


FIG. 4

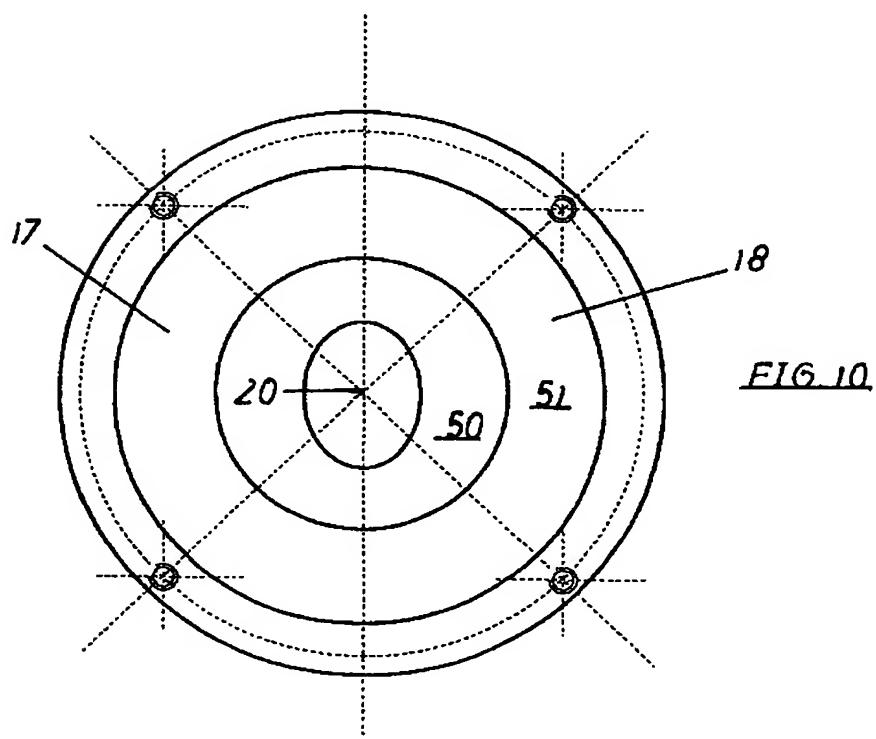
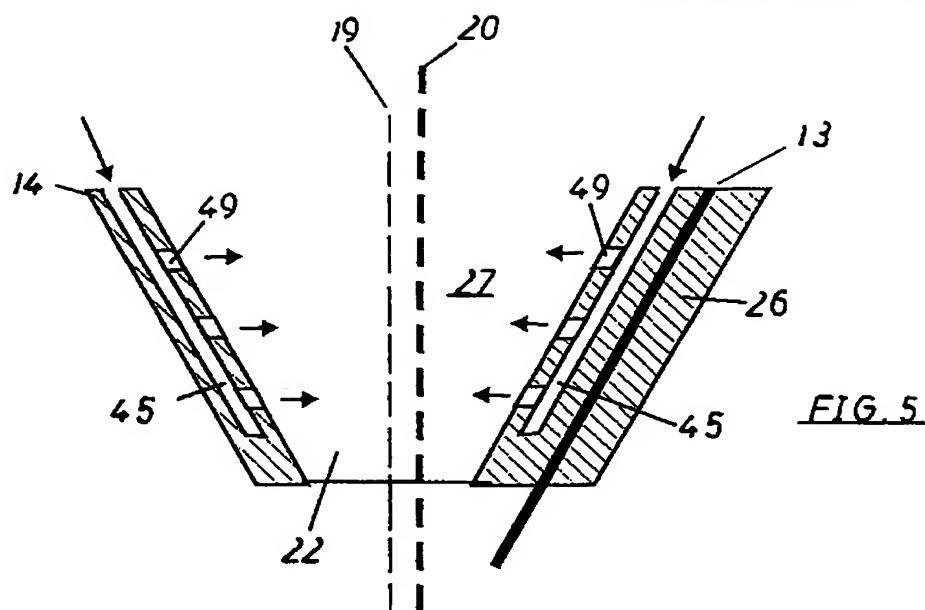


FIG. 6

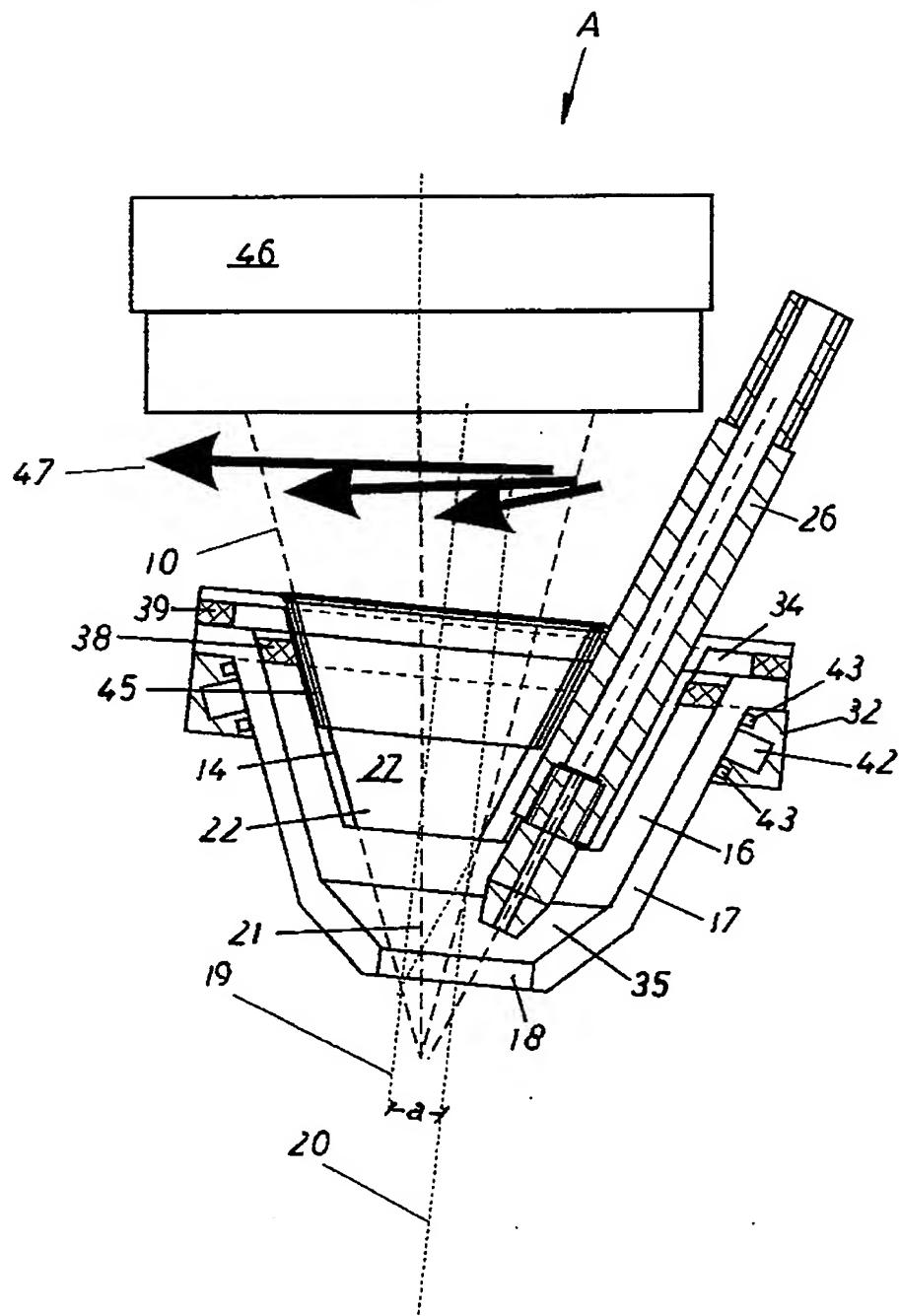
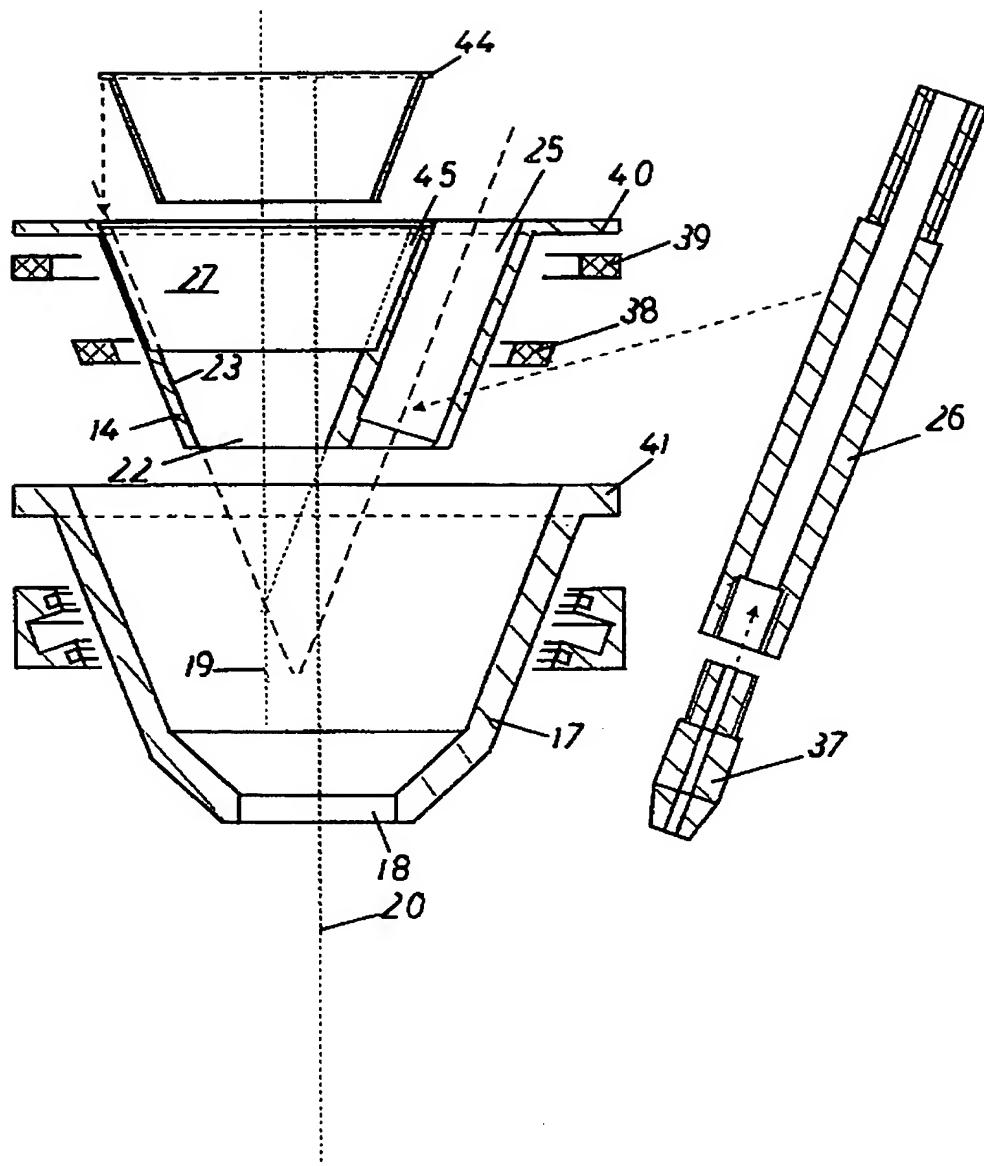


FIG. 7



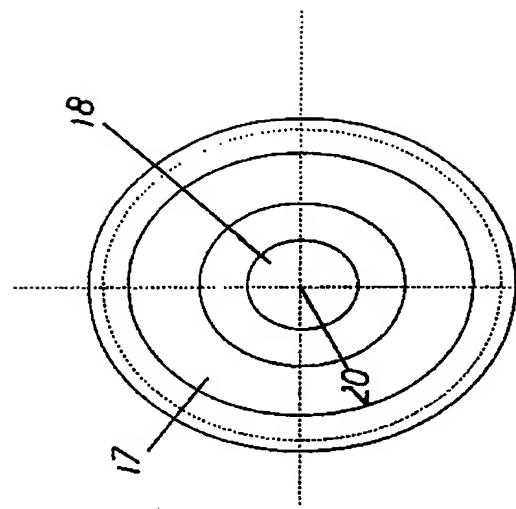


FIG. 9

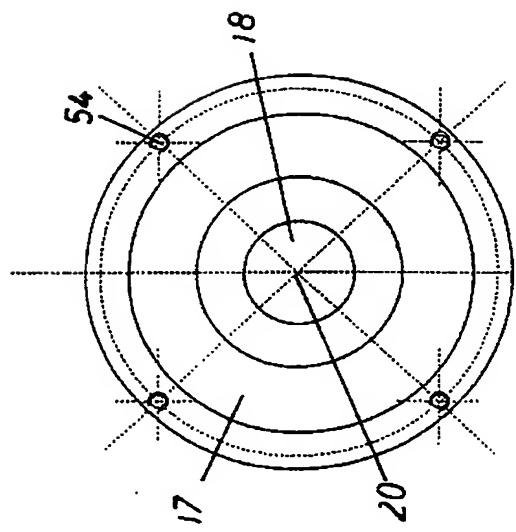
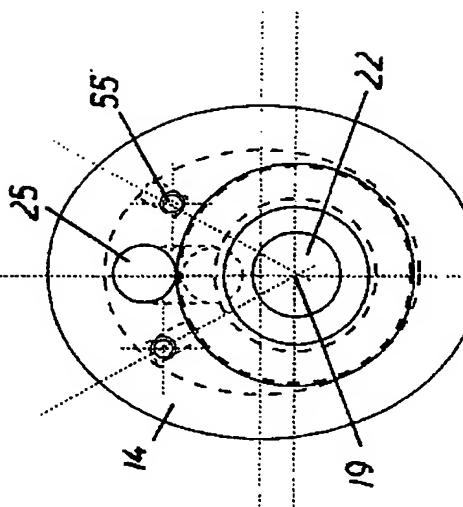
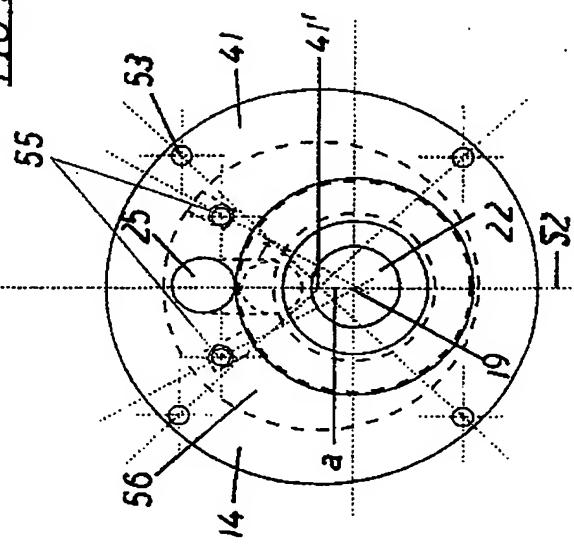


FIG. 8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.